

膳食微量营养素摄入与过敏性鼻炎的关联： 基于2005~2006年美国国家健康与营养检查 调查(NHANES)的横断面分析

农丽妮, 李忠友, 崔海辰, 叶亦心*

广西中医药大学公共卫生与管理学院, 广西 南宁

收稿日期: 2026年7月14日; 录用日期: 2026年8月8日; 发布日期: 2026年8月18日

摘 要

背景: 过敏性鼻炎已成为全球性公共卫生负担, 患病率持续上升, 膳食微量营养素与过敏性鼻炎患病的关联尚存争议, 既往研究结论尚不统一。方法: 本研究采用2005~2006年美国国家健康与营养检查调查(NHANES)的全国代表性数据, 对具有完整膳食摄入数据与19种血清特异性免疫球蛋白E检测结果的6336名美国受试者开展横断面分析。研究共评估15种维生素与矿物质, 采用基于膳食营养素参考摄入量(DRIs)的生理摄入量分级标准, 通过限制性立方样条模型分析变量间的非线性剂量-反应关系。结果: 经多变量调整后发现, 较高的膳食维生素K摄入水平, 与过敏性鼻炎较高患病率呈横断面关联; 维生素C与过敏性鼻炎患病存在非线性剂量-反应关联模式。未观察到维生素A、维生素E、B族维生素、钙、镁、锌、硒与过敏性鼻炎存在具有统计学意义的关联。结论: 维生素K和维生素C的摄入与过敏性鼻炎的关联并非单一的统一保护性关联, 二者关联模式更为复杂。后续仍需开展前瞻性研究, 以明确因果时序、验证上述关联并排除反向因果偏倚。

关键词

过敏性鼻炎, 膳食微量营养素, 美国国家健康与营养检查调查(NHANES), 营养流行病学

Association of Dietary Micronutrient Intake with Allergic Rhinitis: A Cross-Sectional Analysis of NHANES 2005~2006

Lini Nong, Zhongyou Li, Haichen Cui, Yixin Ye*

School of Public Health and Management, Guangxi University of Chinese Medicine, Nanning Guangxi

*通讯作者。

文章引用: 农丽妮, 李忠友, 崔海辰, 叶亦心. 膳食微量营养素摄入与过敏性鼻炎的关联: 基于 2005~2006 年美国国家健康与营养检查调查(NHANES)的横断面分析[J]. 临床医学进展, 2026, 16(8): 1430-1441.

DOI: 10.12677/acm.2026.1682920

Received: July 14, 2026; accepted: August 8, 2026; published: August 18, 2026

Abstract

Background: Allergic rhinitis (AR) represents a growing global public health burden, with its prevalence rising steadily. The association between dietary micronutrients and AR development remains controversial, and findings from previous studies are inconsistent. **Methods:** Using nationally representative data from the 2005~2006 US National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), we conducted a cross-sectional analysis of 6,336 US participants with complete data on dietary intake and 19 serum specific immunoglobulin E (sIgE) allergen measurements. A total of 15 vitamins and minerals were evaluated. We applied physiological intake grading criteria based on the Dietary Reference Intakes (DRIs), and adopted restricted cubic spline (RCS) models to explore non-linear dose-response relationships between the variables. **Results:** After multivariable adjustment, higher dietary vitamin K intake was cross-sectionally associated with higher odds of allergic rhinitis. A non-linear dose-response association pattern was identified between vitamin C intake and AR. No statistically significant associations were observed for vitamin A, vitamin E, B vitamins, calcium, magnesium, zinc, or selenium with allergic rhinitis. **Conclusions:** Vitamin K and vitamin C intake do not show a single uniform protective association with allergic rhinitis; rather, their underlying association patterns with the disease are more complex. Further prospective studies are warranted to clarify the temporal sequence of causality, verify the above associations, and rule out reverse causation bias.

Keywords

Allergic Rhinitis, Dietary Micronutrients, National Health and Nutrition Examination Survey (NHANES), Nutritional Epidemiology

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

过敏性鼻炎患病率近数十年来显著升高,已成为突出的公共卫生问题[1] [2]。全球各地区患病率为5%~50%以上不等,这种差异可能与遗传背景、环境暴露及生活方式等多种因素相互作用有关[1] [2]。哮喘、过敏性鼻炎等过敏性疾病已累及全球约20%人口,造成沉重社会经济负担[3]。过敏性鼻炎并非单纯的鼻部局部病变,可对患者的整体健康状况与生活质量产生严重影响。不仅引发鼻部症状,还可导致睡眠障碍、工作效率下降,并常伴发哮喘、特应性皮炎等共病,进一步增加疾病管理难度与健康风险[4]-[8]。

鉴于过敏性鼻炎的沉重疾病负担和持续升高的患病率[1] [2],明确其可改变的危险因素(尤其是生活方式)对疾病的预防与管理至关重要。饮食作为关键的环境暴露因素,其模式的变迁与过敏性疾病的流行病学演变在时间上高度契合,因此膳食因素与过敏的关联已成为该领域的核心研究方向之一。目前已有大量研究致力于阐明单一营养素在疾病中的作用,研究重点集中于具有抗氧化及免疫调节活性的维生素与矿物质。其中,维生素C因强效抗氧化活性受到广泛关注,多项研究表明,膳食维生素C摄入水平升高与儿童变应性鼻炎症状缓解相关,但针对成人或疾病风险预防的研究证据仍存在分歧[9] [10]。关于维生素E的相关研究显示,其不同异构体(α -生育酚与 γ -生育酚)对免疫稳态可能发挥相反作用,这或许能部

分解释观察性研究结果的异质性[11] [12]。此外,补充维生素 A 与过敏风险升高的潜在关联也受到学界关注[13],参与炎症调控的维生素 K 虽被初步提示可能参与过敏性疾病进程,但现有研究证据仍极为有限[14]。矿物质方面,硒、锌、铜、镁被认为可通过调控免疫功能参与过敏性疾病的发病过程[15]。但总体而言,上述单一营养素研究的结果普遍存在矛盾,这种不一致性可归因于研究设计、研究人群特征、暴露评估方法及混杂因素调整策略的差异。

微量营养素可通过氧化应激调控、免疫稳态调节及黏膜屏障维护等层面影响过敏性鼻炎:维生素 C、维生素 E 可中和活性氧,减轻气道氧化损伤[11] [16];锌、硒、镁、铜等矿物质作为抗氧化酶辅因子,其缺乏可介导 Th2 型免疫偏移[15] [17] [18];维生素 A 及其前体物质则可维持上皮屏障的结构完整性、减少过敏原的黏膜穿透[19]。上述机制共同构成了过敏性鼻炎易感性的氧化还原与免疫微环境基础。

近年来,大样本流行病学研究(如 NHANES)借助多变量调整和综合指数(如氧化平衡评分),突破了单一营养素分析的局限[20]。然而,现有证据多来自横断面研究,无法确立因果关系,反向因果偏倚是结果解读的核心难点[18] [21];既往研究多采用分位数法划分营养素摄入水平,缺乏基于生理需求的标准化分级标准,结果可比性不足;且剂量-反应关系多呈非线性,传统线性模型难以准确拟合。为此,本研究利用 2005~2006 年 NHANES 全国代表性数据,系统评估 15 种膳食微量营养素与过敏性鼻炎患病的关联,以弥补上述方法学不足。

2. 材料与方法

2.1. 数据来源与研究人群

研究数据来源于 2005~2006 年美国国家健康与营养检查调查(NHANES),该调查为全国代表性横断面调查,采用复杂多阶段分层抽样,数据公开,可访问官网获取:<https://wwwn.cdc.gov/nchs/nhanes/>,美国国家卫生统计中心机构审查委员会已批准本次全国健康与营养检查调查研究方案,所有受试者参与研究前均签署书面知情同意书。2005~2006 周期共纳入了 10,348 名参与者,排除缺乏 19 种血清特异性免疫球蛋白 E 数据($n=3080$)或所研究的微量营养素($n=932$)的完整数据者后,最终共纳入 6336 名参与者(图 1)。

2.2. 维生素与矿物质摄入量评估

国家健康与营养检查调查的膳食摄入数据通过两轮 24 小时膳食回顾访谈采集,访谈分两个独立阶段开展。首轮访谈在移动检测中心以面对面形式进行,第二轮则在 3~10 天后通过电话完成。本研究整合两轮回访访谈数据,将每位受试者的膳食摄入量定义为两次记录的平均值,仅持有一份有效回顾记录的受试者,直接采用该单份记录数值替代平均值。

我们分析了从全国健康与营养检查调查膳食问卷中提取的八种维生素和七种矿物质。涉及的维生素如下:维生素 A (mcg RAE)、维生素 C (mg)、维生素 E (mg)、维生素 K (mcg)、维生素 B6 (mg)、维生素 B12 (mcg)、叶酸(mcg DFE)、烟酸(mg)。矿物质包括:镁(mg)、钙(mg)、磷(mg)、铜(mg)、铁(mg)、锌(mg)、硒(mcg)。

膳食营养素参考摄入量是美国国家科学院制定的一套参考数值,用于规划和评估健康人群的营养素摄入水平,涵盖平均需要量(EAR)、推荐摄入量(RDA)、适宜摄入量(AI)以及可耐受最高摄入量(UL)。详细的评价标准可在以下网站获取:<https://ods.od.nih.gov/HealthInformation/nutrientrecommendations.aspx>。本研究将受试者个人膳食摄入量与膳食营养素参考摄入量进行对比,并将研究对象划分为三组:摄入量低于平均需要量,存在较高摄入不足风险的,归为“低于 EAR 组”;摄入量介于平均需要量与推荐摄入量/适宜摄入量之间,存在轻度摄入不足风险的,归为“高于 EAR 但低于 RDA/AI 组”;摄入量超过可耐受最高摄入量 UL,存在潜在摄入过量风险的,归为“高于 UL 组”。

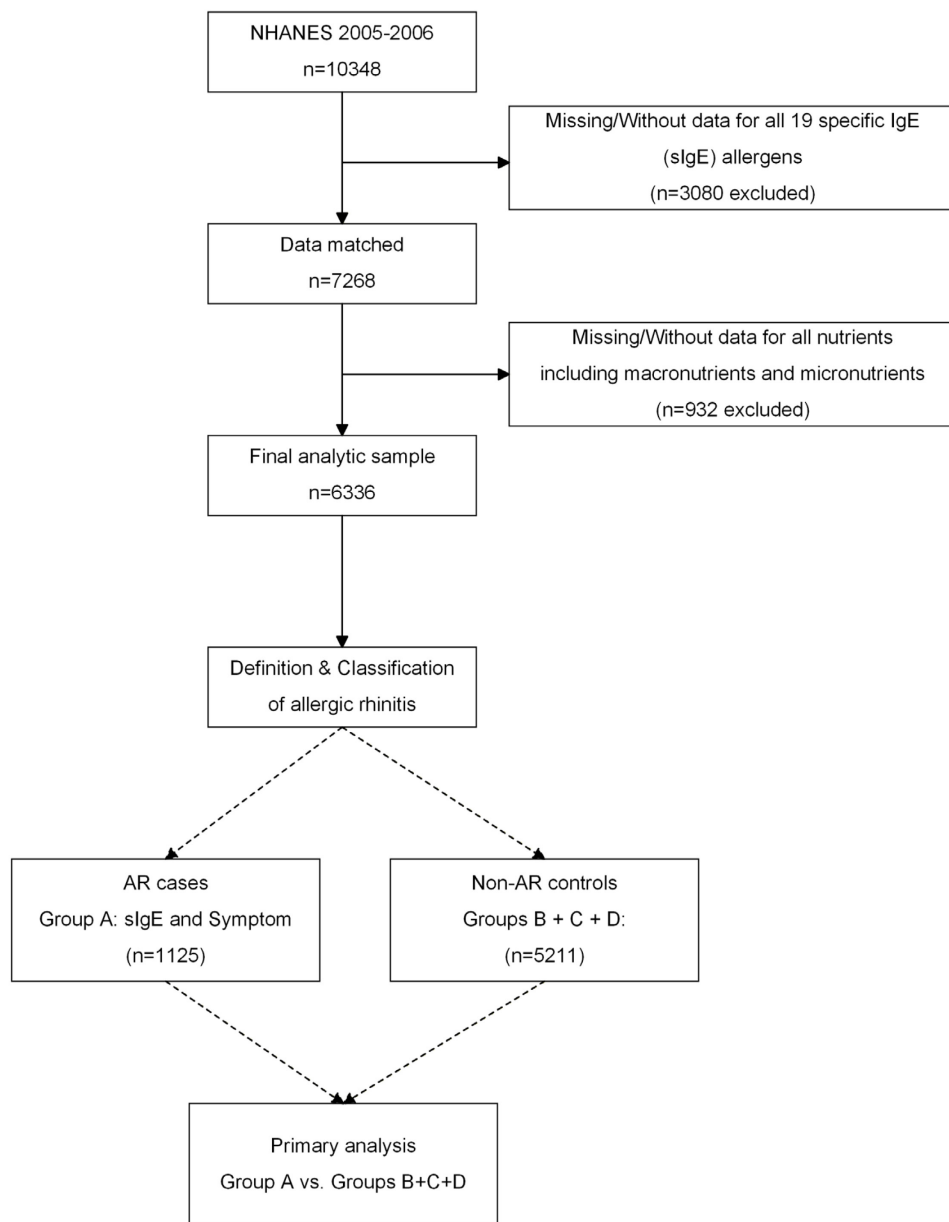


Figure 1. Flowchart of participant selection

图 1. 研究对象筛选流程示意图

2.3. 过敏性鼻炎的评估

过敏性鼻炎的诊断基于问卷调查数据，以及针对 19 种血清特异性免疫球蛋白 E 实验室检测结果。研究采用两项调查问卷条目：

(1) AGQ030: “在过去 12 个月内，你有没有发生过花粉热发作？”；

(2) AGQ100: “在过去 12 个月内，你在(2)没有感冒或流感的情况下，有打喷嚏、流鼻涕或鼻塞的问题吗？”；

血清特异性免疫球蛋白 E 若为 ≥ 0.35 kU/L 则视为阳性。若受试者对 AGQ030 或 AGQ100 中任意一题回答“是”，且至少一项血清特异性免疫球蛋白 E 检测结果呈阳性，则将其划分为过敏性鼻炎病例[20]。

本研究纳入的 19 种受试过敏原，含 15 种常见气传过敏原与 4 种食物过敏原，其中气传过敏原包括：(1) 链格孢(*Alternaria alternata*)、(2) 烟曲霉(*Aspergillus fumigatus*)、(3) 狗牙根(*Cynodon dactylon*)、(4) 疣枝桦(*Betula verrucosa*)、(5) 白栎(*Quercus alba*)、(6) 高豚草(*Ambrosia elatior*)、(7) 猪毛菜(*Salsola kali*)、(8) 多年生黑麦草(*Lolium perenne*)、(9) 猫皮屑、(10) 德国小蠊(*Blatella germanica*)、(11) 狗皮屑、(12)，(13) 屋尘螨 2 种，分别为粉尘螨(*Dermatophagoides farinae*)与户尘螨(*D. pteronyssinus*)、(14)，(15)小鼠尿蛋白、大鼠尿蛋白；4 种食物过敏原分别为蛋清、牛乳、花生(落花生, *Arachis hypogaea*)与虾(北方长额虾, *Pandalus borealis*)。依据该定义，受试者被划分为四个互斥组别，详见表 1。所有主要分析中，A 组(sIgE 阳性且出现相关症状)被界定为过敏性鼻炎病例，而 B、C、D 组合并作为非过敏性鼻炎对照组。

Table 1. Operational definition of study groups based on serum specific IgE and symptom status (NHANES 2005~2006, N = 6336)

表 1. 基于血清特异性免疫球蛋白 E(sIgE)与症状状态的研究分组操作定义(NHANES 2005~2006, N = 6336)

Group	sIgE status (≥0.35 kU/L)	Symptom status (past 12 months)	Unweighted n(%)	Weighted population estimate *	Study classification
A	Positive (+)	Positive (+)	1125 (17.8)	47,688,376	AR case (definite allergic rhinitis)
B	Positive (+)	Negative (-)	1933 (30.5)	62,348,171	Non-AR control (asymptomatic sensitization)
C	Negative (-)	Positive (+)	844 (13.3)	40,070,675	Non-AR control (non-allergic rhinitis symptoms)
D	Negative (-)	Negative (-)	2434 (38.4)	97,556,224	Non-AR control (healthy control)

Note: sIgE, serum-specific immunoglobulin E; The weighted estimate represents the projected U.S. non-institutionalized civilian population; The primary analysis compares Group A (AR cases) vs. the combined Groups B, C, and D (non-AR controls).

2.4. 协变量

基于既往文献与生物学合理性，所有多变量模型均校正七项协变量，分别为性别、年龄、种族/族裔、检查季节、家庭收入贫困比、体重指数(BMI)及血清可替宁水平。人口统计学特征(性别、年龄、种族/族裔、家庭收入贫困比)通过面对面访谈采集；检查季节依据检查月份(RIDEXMON)判定；体重指数数据来源于体格检查；血清可替宁水平则通过实验室检测测定。

性别分为男性和女性。年龄作为连续型变量纳入模型。种族/族裔分为：墨西哥裔美国人、其他西班牙裔、非西班牙裔和其他种族。检查季节分为 5 月~10 月(较高 UVB 曝露)与 11 月~4 月(较低 UVB 曝露)。BMI 的计算公式为体重(公斤)/身高²(平方米)。血清可替宁水平，这是活跃/被动吸烟和近期尼古丁暴露的生物标志物，其作为连续型变量纳入模型。

2.5. 统计分析

所有统计分析均按照美国全国健康与营养检查调查(NHANES)分析指南纳入抽样权重、分层变量及初级抽样单元(PSU)，以适配该调查复杂的多阶段抽样设计。本研究使用 R(4.5.2)survey 包及膳食权重(WTDR2D)，并按 NHANES 分析指南校正分层与 PSU。

所有受试者的一般特征根据过敏性鼻炎状况进行了总结和比较。连续变量以均数±标准差表示，分类变量以频数百分比表示。符合正态分布的连续变量采用独立样本 t 检验进行组间比较，非正态分布数

据采用非参数检验，分类变量采用卡方检验。此外，由于膳食摄入量呈右偏分布，本研究对数据进行对数转换，使其近似服从正态分布，并采用残差法进行能量校正，以消除总能量摄入与目标微量营养素之间的多重共线性问题。具体操作：将经对数转换后的维生素、矿物质摄入量与总能量摄入进行回归，得到各营养素的残差；再将标准化后的残差纳入回归模型，模型中比值比(OR)代表经能量校正、对数转换后的营养素摄入量每增加 1 个标准差，对应疾病发生风险的变化幅度。

我们采用加权多变量 logistic 回归分析各类维生素、矿物质膳食摄入量与过敏性鼻炎之间的关联，并构建了四个顺序模型，通过逐步校正潜在混杂因素，验证关联结果的稳健性：

- 模型 1：未调整任何变量；
- 模型 2：调整性别、年龄、种族/族裔及检查季节；
- 模型 3：在模型 2 基础上额外调整家庭收入贫困比；
- 模型 4：进一步调整 BMI 与血清可替宁水平。

为探究各类维生素、矿物质与过敏性鼻炎之间潜在的非线性剂量 - 反应关系，本研究采用限制性立方样条回归开展分析。针对每种营养素的分布数据，我们在第 5、35、65、95 百分位数处设置四个节点。所有限制性立方样条模型均校正模型 4 纳入的全部协变量，包括性别、年龄、种族/族裔、检查季节、家庭收入贫困比、BMI 以及血清可替宁水平。本研究将各类营养素摄入量的中位数设为参照值(OR = 1.0)。采用 Wald 检验对样条系数进行非线性假设检验， $P < 0.05$ 视为存在显著的非线性剂量 - 反应关系。绘制限制性立方样条曲线时，采用完整病例分析样本，该样本包含过敏性鼻炎患病状态、15 种微量营养素及模型 4 全部协变量信息完整的研究对象。

所有统计分析均使用 SPSS 22.0 和 R (4.5.2)进行。所有显著性水平均设定为双侧 $P \leq 0.05$ 。

3. 结果

本研究结果按三级分析框架依次呈现：首先开展描述性分析，展示研究对象的基线特征及 15 种维生素与矿物质基于膳食参考摄入量的摄入分布特征；其次进行单营养素主分析，采用加权多变量 logistic 回归评估单一营养素摄入量与过敏性鼻炎患病风险的独立关联；最后开展补充分析，运用限制性立方样条探索营养素与过敏性鼻炎的非线性剂量 - 反应关系，为核心结果提供多维度支撑。

3.1. 分析样本的基线特征

最终纳入 6336 名研究对象，加权后代表全美约 2.477 亿非机构化居民，其中过敏性鼻炎病例占 19.26% (加权 N = 47,688,376)，对照组占 80.74% (加权 N = 199,975,071)。组间比较显示，过敏性鼻炎组家庭收入贫困比显著高于对照组(3.19 vs 3.01, $P = 0.021$)；年龄、性别、种族、检查季节、BMI、血清可替宁水平在两组间均无统计学差异(所有 P 值均 > 0.05)，详见表 2。

Table 2. Population characteristics of allergic rhinitis cases and non-allergic rhinitis controls
表 2. 过敏性鼻炎病例组与非过敏性鼻炎对照组的人群特征

Characteristic	Overall N = 247,663,447	AR cases (Group A) weighted N = 47,688,376 unweighted n = 1125	Non-AR controls (Groups B + C + D) weighted N = 199,975,071 unweighted n = 5211	P-value
Age, years (Mean ± SD)	40 ± 21	39 ± 18	1,125 (17.8)	0.057
Sex, %				0.091
Male	47.7	50.8	46.9	

续表

Female	52.3	49.2	53.1	
Race/Ethnicity, %				0.350
Mexican American	9.1	7.3	9.5	
Other Hispanic	2.7	3.0	2.6	
Non-Hispanic White	71.0	72.1	70.8	
Non-Hispanic Black	11.9	12.0	11.9	
Other Race	5.3	5.5	5.2	
Family PIR (Mean $\pm$ SD)	3.05 $\pm$ 1.58	3.19 $\pm$ 1.64	3.01 $\pm$ 1.56	0.021
BMI, kg/m² [Median (Q1, Q3)]	26 (23, 31)	27 (23, 32)	26 (22, 31)	0.055
Examination Season, %				0.345
Nov 1~Apr 30	41.6	43.7	41.1	
May 1~Oct 31	58.4	56.3	58.9	
Cotinine (Mean $\pm$ SD)	54 $\pm$ 119	51 $\pm$ 124	54 $\pm$ 118	0.588

3.2. 每种维生素和矿物质的摄入情况

表 3 展示过敏性鼻炎病例组的营养素摄入情况, 非过敏性鼻炎对照组的营养摄入分布与病例组整体趋势一致, 组间无显著量级差异。我们基于 2005~2006 年美国健康与营养检查调查周期数据, 评估了过敏性鼻炎组与非过敏性鼻炎人群的营养摄入情况。研究参照美国膳食营养素参考摄入量标准评判营养摄入水平, 该标准涵盖平均需要量、推荐摄入量与可耐受最高摄入量。边缘摄入不足定义为营养素摄入量高于平均需要量但低于推荐摄入量, 代表存在潜在摄入不足问题及潜在营养风险。

总体而言, 两组人群均面临营养素摄入不足与摄入过量的双重负担。在维生素方面, 两组人群最突出的问题均为维生素 E 摄入缺乏: 过敏性鼻炎患者中有 86.5%、非过敏性鼻炎人群中有 87.4%的摄入量低于平均需要量。维生素 A 与维生素 C 摄入不足的情况也十分普遍(维生素 A: 48.1% vs 38.7%; 维生素 C: 45.6% vs 38.3%)。两组人群烟酸摄入过量问题同样突出(过敏性鼻炎组 24.4%, 对照组 24.2%); 叶酸过量比例在过敏性鼻炎患者中略高(14.2% vs 13.8%)。

矿物质摄入方面, 钙摄入不足的发生率最高, 过敏性鼻炎患者与非过敏性鼻炎人群中该占比分别达 46.0%和 54.3%。镁存在双向摄入风险, 39.2%的过敏性鼻炎患者, 55.2%的非过敏性鼻炎人群镁摄入不足, 同时分别有 31.0%、20.7%的人群镁摄入过量。铁摄入问题以轻度摄入不足为主, 该问题在过敏性鼻炎患者群体中尤为突出(患者占比 34.9%, 对照组为 22.2%)。硒的摄入状况整体最优, 各组人群硒摄入不足与过量的比例均处于较低水平。

3.3. 各类维生素和矿物质与过敏性鼻炎之间的关联

我们采用加权多变量 logistic 回归模型, 分析了各类膳食维生素、矿物质摄入量与过敏性鼻炎之间的关联(表 4)。在完全调整模型(模型 4)中, 经能量校正、对数转换的维生素 K 摄入量每增加 1 个标准差, 与过敏性鼻炎较高的患病几率相关(OR = 1.26, 95% CI: 1.09~1.45, $P = 0.003$)。未调整模型(模型 1)及部分调整模型(模型 2、3)中该关联均具备统计学意义(所有 $P < 0.05$)。在完全调整模型中, 维生素 C 摄入量与过敏性鼻炎患病呈边缘正相关, 模型 4 结果显示, 经能量校正、对数转换后的维生素 C 摄入量每增加 1 个标准差, 过敏性鼻炎患病的 OR 升高 12% (OR = 1.12, 95% CI: 1.01~1.24, $P = 0.037$)。其余 13 种维生素

Table 3. Comparison of overall nutrient intake in patients with allergic rhinitis against the US dietary reference intakes
表 3. 过敏性鼻炎患者整体营养素摄入量与美国膳食营养素参考摄入量对比

Nutrient	Total intake (Mean $\pm$ SD) weighted N = 47,688,376	Median (IQR)	Below EAR (%)	Marginal inadequacy (%)**	Above UL (%)
Vitamins					
Vitamin A (mcg RAE)	706.53 $\pm$ 587.39	586 (381.5~911.5)	38.7	19.4	1.4
Vitamin C (mg)	92.64 $\pm$ 74.32	70.6 (38.2~124.6)	38.3	10.9	—
Vitamin E (mg)	7.61 $\pm$ 4.19	6.9 (4.7~9.6)	86.5	6.7	—
Vitamin K (mcg)	110.13 $\pm$ 123.45	74.6 (46.9~120.4)	—	—	—
Vitamin B6 (mg)	2.12 $\pm$ 1.16	1.9 (1.4~2.6)	14.5	8.7	—
Vitamin B12 (mcg)	6.38 $\pm$ 6.93	5.0 (3.1~7.6)	9.2	6.0	—
Folate (mcg DFE)	605.33 $\pm$ 378.99	525.5 (361~739.5)	18.4	12.1	14.2
Niacin (mg)	26.43 $\pm$ 12.70	24.0 (17.7~32.0)	4.3	6.7	24.4
Minerals					
Magnesium (mg)	302.08 $\pm$ 124.80	283.0 (215.0~368.5)	39.2	18.3	31.0
Calcium (mg)	1036.26 $\pm$ 522.69	952.0 (652.5~1299.0)	46.0	12.6	2.1
Phosphorus (mg)	1405.91 $\pm$ 591.53	1328.5 (993.0~1694.5)	7.2	6.1	0.5
Copper (mg)	1.47 $\pm$ 1.13	1.3 (1.0~1.7)	7.8	10.6	0.5
Iron (mg)	17.56 $\pm$ 9.27	15.8 (11.4~21.0)	6.1	34.9	1.5
Zinc (mg)	13.73 $\pm$ 8.39	11.7 (8.4~15.8)	12.4	10.4	2.2
Selenium (mcg)	117.89 $\pm$ 56.73	110.6 (79.8~140.8)	2.5	4.3	0.4

Note: The data marked with “—” indicate that according to the DRIs, the corresponding EAR or UL for this nutrient cannot be obtained or is not applicable. **Marginal inadequacy = above the EAR but below the RDA.

Table 4. Associations between various micronutrients and allergic rhinitis
表 4. 各类微量营养素与过敏性鼻炎的关联

Nutrient	Model 1		Model 2		Model 3		Model 4	
	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value	OR (95% CI)	P-value
Vitamin A	1.16 (0.97, 1.38)	0.106	1.20 (0.97, 1.47)	0.082	1.14 (0.92, 1.42)	0.206	1.16 (0.94, 1.44)	0.162
Vitamin C	1.06 (0.96, 1.17)	0.235	1.09 (0.98, 1.21)	0.089	1.10 (0.99, 1.22)	0.069	1.12 (1.01, 1.24)	0.037
Vitamin E	1.13 (0.95, 1.36)	0.153	1.19 (0.98, 1.46)	0.076	1.18 (0.94, 1.47)	0.145	1.20 (0.94, 1.52)	0.131
Vitamin K	1.22 (1.08, 1.37)	0.004	1.28 (1.12, 1.47)	0.001	1.26 (1.10, 1.45)	0.003	1.26 (1.09, 1.45)	0.003
Vitamin B6	1.09 (0.86, 1.40)	0.438	1.12 (0.89, 1.40)	0.327	1.10 (0.87, 1.40)	0.382	1.12 (0.89, 1.42)	0.318
Vitamin B12	1.14 (0.90, 1.45)	0.241	1.16 (0.91, 1.46)	0.210	1.12 (0.87, 1.44)	0.364	1.13 (0.88, 1.45)	0.309
Folate	1.23 (0.97, 1.56)	0.085	1.23 (0.97, 1.56)	0.078	1.20 (0.93, 1.54)	0.149	1.22 (0.93, 1.61)	0.140
Niacin	1.06 (0.78, 1.45)	0.678	1.04 (0.78, 1.39)	0.778	1.02 (0.74, 1.41)	0.901	1.01 (0.73, 1.41)	0.928
Magnesium	1.09 (0.80, 1.48)	0.575	1.25 (0.85, 1.83)	0.236	1.17 (0.79, 1.76)	0.407	1.19 (0.79, 1.80)	0.383
Calcium	1.29 (0.93, 1.79)	0.118	1.32 (0.93, 1.87)	0.109	1.27 (0.89, 1.83)	0.175	1.30 (0.89, 1.90)	0.166

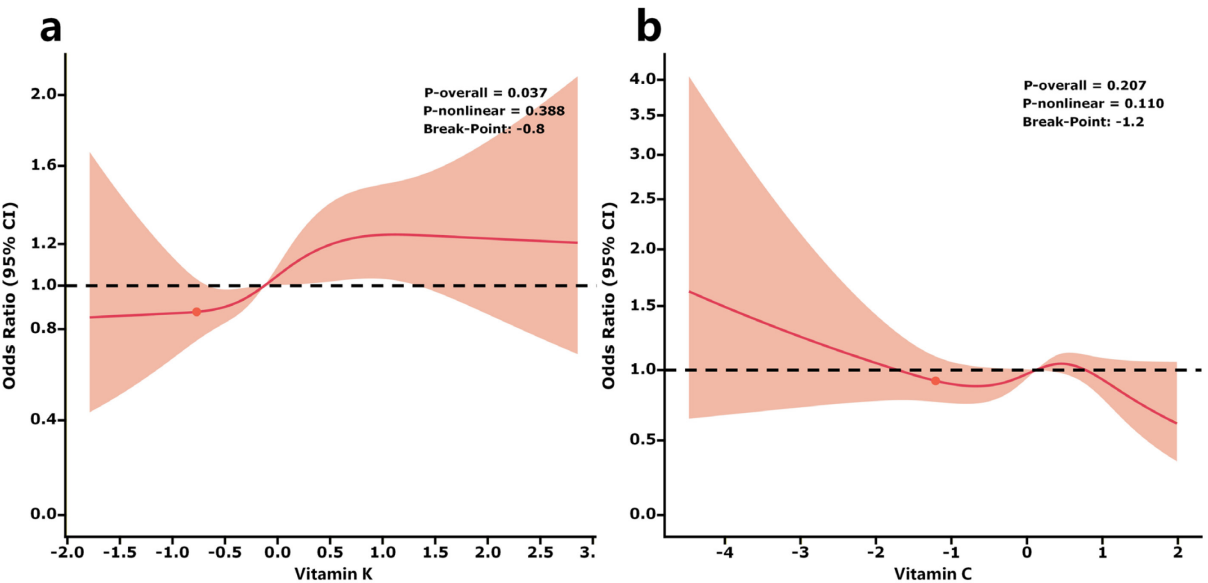
续表

Phosphorus	1.10 (0.68, 1.78)	0.672	1.16 (0.68, 1.99)	0.563	1.07 (0.61, 1.87)	0.810	1.06 (0.61, 1.87)	0.817
Copper	1.24 (0.86, 1.80)	0.226	1.37 (0.93, 2.02)	0.100	1.33 (0.87, 2.02)	0.173	1.33 (0.86, 2.05)	0.181
Iron	1.30 (0.98, 1.73)	0.068	1.32 (1.00, 1.75)	0.052	1.27 (0.94, 1.70)	0.108	1.31 (0.95, 1.80)	0.097
Zinc	1.15 (0.79, 1.68)	0.429	1.17 (0.80, 1.70)	0.387	1.12 (0.76, 1.65)	0.530	1.12 (0.76, 1.66)	0.528
Selenium	1.40 (0.98, 2.00)	0.060	1.44 (1.00, 2.07)	0.051	1.39 (0.98, 1.96)	0.064	1.35 (0.94, 1.92)	0.096

Note: Model 2: Adjusted for sex (RIAGENDR), age (RIDAGEYR), race/ethnicity (RIDRETH1), and examination season (May~October vs November~April) (RIDEXMON); Model 3: Adjusted for Model 2 covariates + family income-to-poverty ratio (INDFMPIR); Model 4: Adjusted for Model 3 covariates + BMI (BMXBMI) and serum cotinine level (LBXCOT).

与矿物质均未观察到与过敏性鼻炎存在统计学意义的关联(所有调整后 P 值均 > 0.05)。

在完全调整模型 4 协变量后，我们为 15 种微量营养素分别构建限制性立方样条模型。在两种存在显著关联的营养素中，我们观察到截然不同的剂量 - 反应规律：维生素 K 摄入量与过敏性鼻炎患病呈近似线性正相关(图 2(a)，非线性检验 $P > 0.05$)，当摄入量达到约 100 μg 后，关联强度持续上升。维生素 C 则存在显著的非线性关联模式(图 2(b)，非线性检验 $P < 0.05$)，在约 100~150 mg/d 处出现关联强度上升拐点，高摄入区间置信区间增宽。剩余 13 种微量营养素均未观察到稳定且具有统计学意义的剂量 - 反应关联，未呈现明确的线性或非线性趋势。



Note: (a) Dose-response relationship for vitamin K intake, which showed a stable positive trend between intake level and AR; (b) Dose-response relationship for vitamin C intake, which exhibited a significant non-linear association with AR (Wald test for non-linearity, $P < 0.05$); All models were adjusted for examination season, sex, age, race/ethnicity, family PIR, serum cotinine level, and BMI; The solid red line represents the adjusted OR, and the shaded red area represents the corresponding 95% CI; The median intake of each nutrient was used as the reference value (OR = 1.0).

Figure 2. Restricted cubic spline model for the dose-response association between dietary micronutrient intake and allergic rhinitis

图 2. 膳食微量营养素摄入量与过敏性鼻炎患病关联剂量 - 反应关系的限制性立方样条模型

4. 讨论

本研究发现膳食维生素 K 摄入与过敏性鼻炎患病呈正相关横断面关联，维生素 C 呈非线性剂量 - 反

应关联模式,提示二者并非存在单一的保护性关联,该结论解读需谨慎。丹麦出生队列研究聚焦于孕期母体摄入与子代儿童期哮喘的关联[22],其暴露窗口期为生命早期、结局为儿童哮喘,与本研究成人膳食暴露、过敏性鼻炎结局的设计存在本质差异,仅能提示维生素 K 可能参与过敏性气道疾病的免疫调控通路。日本妊娠期女性研究则以海带摄入量间接反映维生素 K 营养状态[14],该人群维生素 K 以 K2 亚型为主,且研究对象为孕期特殊生理阶段人群,与本研究普通成人膳食维生素 K(以 K1 为主)的暴露特征存在明显区别。上述研究间的人群、暴露亚型与设计差异,是当前领域证据不一致的重要原因。

维生素 C 摄入量与过敏性鼻炎患病的关联呈现出更为显著的复杂性。本研究的多变量模型显示二者存在微弱正向关联,限制性立方样条分析进一步揭示二者呈非线性剂量-反应关联模式。虽既往韩国儿童[10]及成人亚组研究[23]提示维生素 C 存在保护性关联,但针对该领域的叙述性综述[9]认为证据尚不统一。本研究结果对上述证据不一致的现象给出一种合理解释:维生素 C 与过敏性鼻炎的关联可能存在阈值效应。当维生素 C 摄入量达到某一临界值后,其与过敏性鼻炎患病关联的方向或强度会发生改变。造成这一规律的潜在原因包括:高维生素 C 摄入可能反映受试者存在某种未被测量的不健康膳食模式、存在反向因果关系(即过敏性鼻炎患者会主动增加维生素 C 摄入以缓解症状),或在高剂量下维生素 C 可能产生促氧化作用。

本研究质疑了“营养素补充普遍有益”的传统认知。临床医生在面对过敏性鼻炎患者或高风险个体时,对于常规推荐维生素 C 或复合维生素补充剂以“增强免疫力”的做法应保持审慎,尤其当患者本身膳食摄入已相对充足时。此外,研究采用结合症状问卷与血清特异性免疫球蛋白 E 检测的过敏性鼻炎判定标准,能够更精准识别存在 IgE 介导过敏性炎症的患者,减少将非过敏性鼻炎患者误归入病例组的情况,进而提升了研究的内部效度。

同时,本研究具备多项突出优势。核心优势如下:研究采用具有全国代表性的大样本数据库,对多种微量营养素开展全面分析,采用标准且相对严谨的过敏性鼻炎界定标准,分析过程运用多种成熟统计学方法,包括复杂的抽样权重、多变量调整以及非线性模型,同时采用基于膳食营养素参考摄入量的生理摄入分级方式,摒弃了多数既往研究中主观设定的分位数分组法,令研究结果具备更强的临床解读性与横向对比价值。

反向因果偏倚是本横断面研究最核心的方法学局限,其对维生素 C、维生素 K 与过敏性鼻炎关联模式的解读具有关键影响。已有研究证实,过敏性疾病患者会因症状管理需求与健康认知主动调整膳食模式,这种患病后的饮食行为改变,极有可能扭曲暴露与结局的真实关联方向[18][21]。针对本研究中维生素 C 的关联结果,过敏性鼻炎患者常出于“抗氧化、缓解炎症”的认知,主动增加柑橘类水果、深绿色蔬菜等富含维生素 C 食物的摄入,以期减轻鼻部症状;这种“患病后主动补充”的行为,会导致横断面研究中观察到维生素 C 高摄入与较高患病率并存的现象,而非维生素 C 摄入升高了患病可能。对于维生素 K 的正向关联,一方面,深绿色叶菜作为维生素 K1 的主要膳食来源,常被纳入过敏性疾病患者的“健康饮食”范畴,患者整体膳食质量提升的同时会伴随维生素 K 摄入水平升高;另一方面,慢性过敏性炎症可通过影响肠道菌群组成与脂溶性维生素的吸收代谢通路,间接改变机体的维生素 K 营养状态,进一步放大反向因果带来的关联偏差。上述机制提示,本研究观察到的两种营养素与过敏性鼻炎的关联模式,均无法排除由反向因果驱动的可能,这也是横断面设计无法确立因果时序的核心原因。

除此之外,本研究仍存在其他几方面局限性。尽管调整了社会经济地位、吸烟暴露等多项重要混杂变量,但仍可能存在残余混杂因素,例如遗传易感性[24][25]、生命早期暴露史[26]、环境过敏原暴露水平以及未测量的其他膳食成分。其次,本研究通过 24 小时膳食回顾法评估膳食摄入情况,虽已根据能量摄入对数据进行校正,但该方法难以完整反映受试者长期饮食习惯,存在一定的测量误差。最后,研究对象仅为美国人群,因此研究结论能否推广至其他种族、地区人群,或是儿童、青少年群体,仍有待进

一步验证。

基于本研究结果, 后续研究可围绕两个核心方向深入推进。第一, 开展大样本前瞻性队列研究, 明确膳食维生素 K 摄入与过敏性鼻炎患病的时序关系, 排除反向因果偏倚; 同时结合血清维生素 K 生物标志物检测, 提升暴露评估的准确性, 弥补膳食回顾法的局限。第二, 针对维生素 C 与过敏性鼻炎的非线性剂量-反应特征, 通过细胞与动物实验探索不同浓度维生素 C 对气道过敏炎症的双向调控机制, 明确其剂量阈值效应的生物学基础。此外, 可进一步在不同种族人群中验证上述关联的稳定性, 并尝试利用孟德尔随机化方法强化因果推断的证据强度。

5. 结论

本研究基于 2005~2006 年美国全国健康与营养检查调查开展横断面分析, 结果显示: 膳食维生素 K 摄入水平与过敏性鼻炎患病呈正相关; 维生素 C 与过敏性鼻炎患病呈非线性剂量-反应关联模式。维生素 A、维生素 E、B 族维生素、钙、镁、锌及硒均未观察到具有统计学意义的关联。

综上, 维生素 K 与过敏性鼻炎呈正向关联, 需前瞻性队列研究验证因果时序、排除反向因果偏倚, 并深入探索内在机制。临床诊疗中, 对于日常膳食营养摄入充足的过敏性鼻炎患者, 不建议常规大剂量补充维生素 C 与维生素 K 制剂, 其余营养素补充需结合个体营养状态评估。我们推荐人群采用均衡、全面的膳食模式, 而非单一补充某类营养素。

基金项目

本研究获广西中医药大学引进博士科研启动基金项目(编号: 2019BS013)和广西高原学科护理学(康养)(桂教科研[2026] 2 号)资助。

参考文献

- [1] Licari, A., Magri, P., De Silvestri, A., Giannetti, A., Indolfi, C., Mori, F., *et al.* (2023) Epidemiology of Allergic Rhinitis in Children: A Systematic Review and Meta-Analysis. *The Journal of Allergy and Clinical Immunology: In Practice*, **11**, 2547-2556. <https://doi.org/10.1016/j.jaip.2023.05.016>
- [2] Savouré, M., Bousquet, J., Jaakkola, J.J.K., Jaakkola, M.S., Jacquemin, B. and Nadif, R. (2022) Worldwide Prevalence of Rhinitis in Adults: A Review of Definitions and Temporal Evolution. *Clinical and Translational Allergy*, **12**, e12130. <https://doi.org/10.1002/clt2.12130>
- [3] Dierick, B.J.H., van der Molen, T., Flokstra-de Blok, B.M.J., Muraro, A., Postma, M.J., Kocks, J.W.H., *et al.* (2020) Burden and Socioeconomics of Asthma, Allergic Rhinitis, Atopic Dermatitis and Food Allergy. *Expert Review of Pharmacoeconomics & Outcomes Research*, **20**, 437-453. <https://doi.org/10.1080/14737167.2020.1819793>
- [4] Pagel, J.M.L. and Mattos, J.L. (2024) Allergic Rhinitis and Its Effect on Sleep. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **57**, 319-328. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.09.003>
- [5] Roxbury, C.R., Qiu, M., Shargorodsky, J. and Lin, S.Y. (2018) Association between Allergic Rhinitis and Poor Sleep Parameters in U.S. Adults. *International Forum of Allergy & Rhinology*, **8**, 1098-1106. <https://doi.org/10.1002/alf.22174>
- [6] Meltzer, E.O. (2016) Allergic Rhinitis: Burden of Illness, Quality of Life, Comorbidities, and Control. *Immunology and Allergy Clinics of North America*, **36**, 235-248. <https://doi.org/10.1016/j.iac.2015.12.002>
- [7] Patel, K.B., Mims, J.W. and Clinger, J.D. (2024) The Burden of Asthma and Allergic Rhinitis: Epidemiology and Health Care Costs. *Otolaryngologic Clinics of North America*, **57**, 179-189. <https://doi.org/10.1016/j.otc.2023.09.007>
- [8] Cingi, C., Gevaert, P., Mösges, R., Rondon, C., Hox, V., Rudenko, M., *et al.* (2017) Multi-Morbidities of Allergic Rhinitis in Adults: European Academy of Allergy and Clinical Immunology Task Force Report. *Clinical and Translational Allergy*, **7**, Article No. 17. <https://doi.org/10.1186/s13601-017-0153-z>
- [9] Trincianti, C., Naso, M., Tosca, M.A. and Ciprandi, G. (2025) Vitamin C in Allergy Mechanisms and for Managing Allergic Diseases: A Narrative Review. *Children*, **12**, Article 718. <https://doi.org/10.3390/children12060718>
- [10] Seo, J.H., Kwon, S.O., Lee, S.Y., Kim, H.Y., *et al.* (2013) Association of Antioxidants with Allergic Rhinitis in Children from Seoul. *Allergy, Asthma & Immunology Research*, **5**, 81-87. <https://doi.org/10.4168/aaair.2013.5.2.81>
- [11] Shams, M.H., Jafari, R., Eskandari, N., Masjedi, M., *et al.* (2021) Anti-Allergic Effects of Vitamin E in Allergic Diseases:

- An Updated Review. *International Immunopharmacology*, **90**, Article 107196. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2020.107196>
- [12] Cook-Mills, J.M., Averill, S.H. and Lajiness, J.D. (2022) Asthma, Allergy and Vitamin E: Current and Future Perspectives. *Free Radical Biology and Medicine*, **179**, 388-402. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2021.10.037>
- [13] Su, J., Li, T. and Pan, H. (2022) Association of Vitamin a Supplementation with Immune-Related Allergic Diseases: A Meta-Analysis. *Frontiers in Nutrition*, **9**, Article 984161. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.984161>
- [14] Miyake, Y., Sasaki, S., Ohya, Y., Miyamoto, S., Matsunaga, I., Yoshida, T., *et al.* (2006) Dietary Intake of Seaweed and Minerals and Prevalence of Allergic Rhinitis in Japanese Pregnant Females: Baseline Data from the Osaka Maternal and Child Health Study. *Annals of Epidemiology*, **16**, 614-621. <https://doi.org/10.1016/j.annepidem.2005.11.010>
- [15] Podlecka, D., Jerzyńska, J., Sanad, K., Polańska, K., Bobrowska-Korzeniowska, M., Stelmach, I., *et al.* (2022) Micronutrients and the Risk of Allergic Diseases in School Children. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, **19**, Article 12187. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912187>
- [16] Han, M., Lee, D., Lee, S.H. and Kim, T.H. (2021) Oxidative Stress and Antioxidant Pathway in Allergic Rhinitis. *Antioxidants*, **10**, Article 1266. <https://doi.org/10.3390/antiox10081266>
- [17] Bobrowska-Korzeniowska, M., Jerzyńska, J., Polańska, K., Gromadzińska, J., Hanke, W., Wasowicz, W., *et al.* (2020) The Role of Antioxidants and 25-Hydroxyvitamin D during Pregnancy in the Development of Allergic Diseases in Early School-Age Children—Polish Mother and Child Cohort Study. *Allergy and Asthma Proceedings*, **41**, e19-e25. <https://doi.org/10.2500/aap.2020.41.190020>
- [18] Rosenlund, H., Magnusson, J., Kull, I., Håkansson, N., Wolk, A., Pershagen, G., *et al.* (2012) Antioxidant Intake and Allergic Disease in Children. *Clinical & Experimental Allergy*, **42**, 1491-1500. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2222.2012.04053.x>
- [19] Kuang, H., Ma, Y. and Liu, Y. (2025) Correction: Protective Effect of B-Carotene on Ova-Induced Food Allergy in Mice by Strengthening Intestinal Epithelial Barrier Function and Regulating Intestinal Microflora. *Food & Function*, **16**, 7957-7957. <https://doi.org/10.1039/d5fo90077h>
- [20] Tian, Y., Sun, W. and Song, J. (2025) Association between Oxidative Balance Score and Allergic Rhinitis in American Adults: A Cross-Sectional Study. *Frontiers in Nutrition*, **12**, Article 1655316. <https://doi.org/10.3389/fnut.2025.1655316>
- [21] Nguyen, A.N., Elbert, N.J., Pasmans, S., Kieft-de Jong, J.C., *et al.* (2017) Diet Quality throughout Early Life in Relation to Allergic Sensitization and Atopic Diseases in Childhood. *Nutrients*, **9**, Article 841. <https://doi.org/10.3390/nu9080841>
- [22] Maslova, E., Hansen, S., Strøm, M., Halldorsson, T.I. and Olsen, S.F. (2014) Maternal Intake of Vitamins A, E and K in Pregnancy and Child Allergic Disease: A Longitudinal Study from the Danish National Birth Cohort. *British Journal of Nutrition*, **111**, 1096-1108. <https://doi.org/10.1017/s0007114513003395>
- [23] García-García, C., Kim, M. and Baik, I. (2023) Associations of Dietary Vitamin a and C Intake with Asthma, Allergic Rhinitis, and Allergic Respiratory Diseases. *Nutrition Research and Practice*, **17**, 997-1006. <https://doi.org/10.4162/nrp.2023.17.5.997>
- [24] Waage, J., Standl, M., Curtin, J.A., Jessen, L.E., *et al.* (2018) Genome-Wide Association and HLA Fine-Mapping Studies Identify Risk Loci and Genetic Pathways Underlying Allergic Rhinitis. *Nature Genetics*, **50**, 1072-1080.
- [25] Kanazawa, J., Masuko, H., Yatagai, Y., Sakamoto, T., Yamada, H., Kitazawa, H., *et al.* (2019) Association Analyses of eQTLs of the TYRO3 Gene and Allergic Diseases in Japanese Populations. *Allergology International*, **68**, 77-81. <https://doi.org/10.1016/j.alit.2018.07.004>
- [26] Obbagy, J.E., English, L.K., Wong, Y.P., Butte, N.F., Dewey, K.G., Fleischer, D.M., *et al.* (2019) Complementary Feeding and Food Allergy, Atopic Dermatitis/Eczema, Asthma, and Allergic Rhinitis: A Systematic Review. *The American Journal of Clinical Nutrition*, **109**, 890S-934S. <https://doi.org/10.1093/ajcn/nqy220>